

ÉVOLUTION RÉCENTE DES RÉGIMES HYDROLOGIQUES EN AFRIQUE INTERTROPICALE

Jean-Claude OLIVRY
ORSTOM – Bamako – Mali

Résumé

Dans le contexte pluviométrique déficitaire de l'Afrique intertropicale, l'hydraulicité des fleuves soudano-sahéliens a beaucoup diminué depuis une vingtaine d'années. Les fleuves des régions humides, relativement épargnés jusqu'en 1980, montrent aussi, avec un retard de plusieurs années, une hydraulicité qui baisse dans des proportions importantes, alors qu'un retour à la normale du régime des pluies paraît amorcé. Le déficit des apports est pour l'Afrique humide de 16 % pour la décennie 80 (365 km³/an), contre 7 % pour la décennie 70, et pour l'Afrique sèche de 27 % (65 km³/an) pour la décennie 80 contre 13 % pour la décennie 70. L'amenuisement des réserves souterraines entraîne un appauvrissement durable des ressources hydriques, indépendant, pour un temps, d'une éventuelle amélioration des conditions climatiques.

Abstract

Recent evolution of hydrological regimes in intertropical Africa
African drought and rainfall deficits observed during the last twenty years has had important repercussions on the hydrological regimes of rivers. While their impact is immediate in Sudano-Sahelian regime, the runoff from the rivers in humid areas undergoes a downward reaction with a several years delay. For some years now, the rainfall deficits have been less important, but runoff shows minimum low values. Throughout the 80's, the annual deficit represents 16 % (365 km³/year) of water resource average in humid Africa, and only 7 % through the 70's; in dry Africa, for the same decades, deficits represent 27 % (65 km³/year) and 13 % respectively. The reduction of groundwater storage explains the lasting degradation of the hydrological resource in the area, independent for a time of a possible improvement in climatic conditions.

Mots clés – Key words

Afrique tropicale – Précipitations – Ressources en eau – Déficits – Persistance
Tropical Africa – Precipitation – Water resources – Deficits – Persistence

Introduction

L'évolution récente des régimes hydrologiques en Afrique intertropicale, tribulaire de la façade atlantique du continent, est essentiellement marquée par un appauvrissement généralisé des ressources en eau. Depuis plus de vingt ans, l'Afrique tropicale sèche connaît une baisse constante de ses ressources en eau. Les déficits pluviométriques, marqués par une première phase aiguë dans les années 1972 et 1973, n'ont jamais cessé, même s'ils ont varié en extension et en intensité suivant les années. Une recrudescence notable de la sécheresse s'est manifestée en 1983 et 1984 et les déficits restent la règle jusqu'à la période actuelle. Ceux-ci se sont exacerbés au niveau des écoulements des grands fleuves. L'ampleur géographique du phénomène et sa durée, sans équivalence connue dans les chroniques hydroclimatiques, ont conduit certains auteurs à parler de rupture climatique (Carbonnel et Hubert, 1985).

Au cours des années 80, l'extension de la sécheresse vers les pays plus au sud, mais toujours soumis aux mêmes mécanismes climatiques, devient plus marquée. La raréfaction des pluies concerne les deux hémisphères et 21 pays africains sur 50 seront déclarés sinistrés en 1985 (Sircoulon et Olivry, 1986). Les

grands fleuves de l'Afrique humide des zones tropicales et équatoriales sont à leur tour sérieusement affectés par des écoulements déficitaires. Une tendance quasi générale à la baisse est observée ; celle-ci va bien au-delà de l'irrégularité interannuelle observée à l'occasion de déficits pluviométriques annuels ponctuels. Ainsi, la plus grande zone forestière intertropicale du monde après l'Amazonie est soumise globalement à un appauvrissement notable de ses ressources en eau.

Le phénomène est observé aussi bien sur les fleuves soumis aux régimes tropicaux sec et humide, marqués par une seule saison de hautes eaux, que pour les fleuves soumis au régime équatorial, caractérisé par deux saisons de hautes eaux.

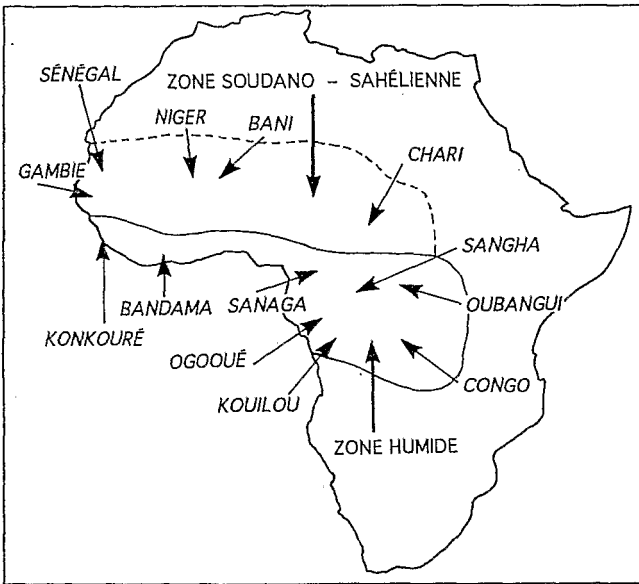


Figure 1
Croquis de situation des principaux bassins fluviaux étudiés en Afrique sèche et humide

Des précipitations moins abondantes

Une première approche de l'appauvrissement des ressources en eau de l'Afrique intertropicale doit être recherchée dans la péjoration climatique du régime des précipitations. Celui-ci, largement conditionné dans les régions étudiées par le flux de mousson et les variations saisonnières de la zone de convergence intertropicale, doit être comparé en termes d'évolution au régime des pluies de l'Afrique tropicale sèche.

Dans les régions soudano-sahéliennes, les hauteurs annuelles de précipitations montrent une tendance à la baisse particulièrement accusée dès 1968 avec des valeurs presque toujours inférieures aux médianes. Certains indices régionaux (Lamb, 1985 ; Nicholson et al., 1988) montrent cette dégradation constante depuis vingt ans. Une amélioration récente a été observée mais reste encore très relative, puisque les précipitations annuelles sont toujours déficitaires. La figure 2 actualise les travaux de S. Nicholson (*op. cit.*) jusqu'en 1990.

L'Afrique humide montre également une tendance générale à la baisse des précipitations mais avec des nuances spatiales qui doivent être soulignées. Ainsi, les zones côtières très arrosées, de la Guinée au Nigéria, paraissent en phase avec ce qui est observé dans la zone soudano-sahélienne. En valeur

absolue, les déficits sont très importants, ils peuvent atteindre jusqu'à 1 000 mm dans des régions de précipitations interannuelles de 2 500 à 3 000 mm. Plus à l'est, vers l'Afrique centrale, la tendance est d'abord beaucoup moins nette en bordure de l'océan Atlantique puis s'accroît de nouveau vers l'intérieur du continent sans toutefois retrouver l'ampleur des régions nord du golfe de Guinée. Cette analyse rapide a été obtenue à partir de l'étude des données de 1 000 postes pluviométriques des bassins tributaires de la façade atlantique du Sénégal à l'Angola et de l'application d'indices régionaux d'homogénéisation par zone géomorpho-climatique (Fig. 3 ; Mahé, 1992).

Figure 2 – Index pluviométrique de l'Afrique tropicale sèche de 1900 à 1990

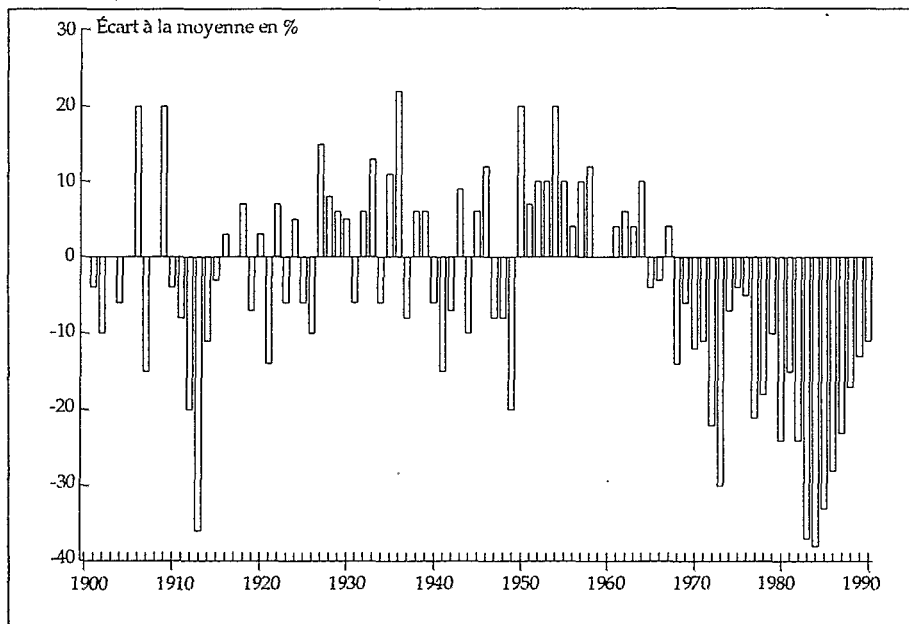
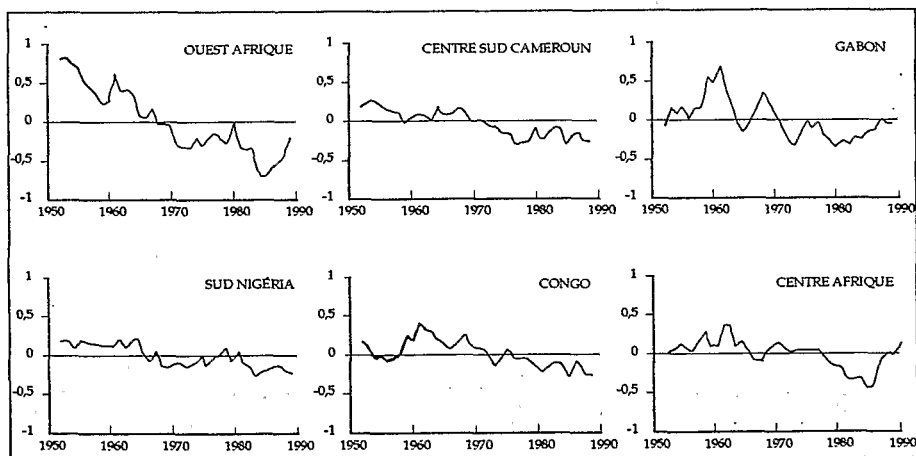


Figure 3 – Évolution des précipitations annuelles depuis 1950 dans différentes régions d'Afrique humide. Moyennes mobiles des écarts réduits (d'après Mahé, 1992)



Le tableau 1 indique pour différents bassins représentatifs de l'Afrique atlantique les hauteurs moyennes de précipitations interannuelles calculées pour chaque décennie depuis 1950. L'existence d'années exceptionnellement humides entre 1950 et 1960 et entre 1960 et 1970 peut conduire à une appréciation trop forte du déficit récent, mais même si on remplaçait les moyennes établies sur la période 1951-1990 par celles des observations connues depuis le début du siècle, le déficit resterait très fort.

Tableau 1 – Précipitations et écoulements annuels de bassins fluviaux caractéristiques des différentes zones de l'Afrique calculés par décennie et sur la période 1951-1990

| Bassins et superficie (km ²) | Pluie (P) et lame écoulée (P') (mm) | Décennies | | | | |
|--|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| | | 1951-1960 | 1961-1970 | 1971-1980 | 1981-1990 | Moyenne |
| Sénégal 218 000 | P | 1 071 | 985 | 843 | 766 | 966 |
| | P' | 126 | 116 | 66 | 45 | 103 |
| Niger sup. 120 000 | P | 1 649 | 1 527 | 1 403 | 1 315 | 1 526 |
| | P' | 472 | 420 | 326 | 218 | 406 |
| Gambie 42 200 | P | 1 365 | 1 226 | 1 049 | 991 | 1 213 |
| | P' | 276 | 271 | 138 | 104 | 229 |
| Konkouré 16 200 | P | 2 881 | 2 686 | 2 317 | 2 208 | 2 531 |
| | P' | 1 377 | 1 240 | 897 | 795 | 1 084 |
| Bandama 60 000 | P | 1 383 | 1 316 | 1 198 | 1 119 | 1 257 |
| | P' | 228 | 204 | 112 | 93 | 160 |
| Sanaga 131 500 | P | 1 924 | 1 867 | 1 800 | 1 722 | 1 831 |
| | P' | 511 | 504 | 422 | 420 | 466 |
| Oubangui 488 000 | P | 1 578 | 1 573 | 1 486 | 1 515 | 1 539 |
| | P' | 266 | 318 | 229 | 179 | 248 |
| Sangha 158 000 | P | 1 637 | 1 655 | 1 596 | 1 571 | 1 615 |
| | P' | 357 | 371 | 297 | 279 | 326 |
| Ogooué 203 000 | P | 1 792 | 1 839 | 1 757 | 1 776 | 1 791 |
| | P' | 694 | 778 | 686 | 659 | 705 |
| Kouilou 56 600 | P | 1 570 | 1 644 | 1 511 | 1 427 | 1 541 |
| | P' | 535 | 583 | 471 | 451 | 510 |
| Zaire 3 500 000 | P | 1 511 | 1 467 | 1 446 | 1 440 | 1 467 |
| | P' | 366 | 438 | 378 | 340 | 381 |

Des écoulements de surface plus faibles

Comme pour les précipitations, une comparaison de l'évolution des écoulements de surface entre différents bassins fluviaux nécessite que l'on prenne pour référence l'évolution des débits des fleuves soudano-sahéliens. L'incidence de la sécheresse y est largement amplifiée dans le régime hydrologique. La chronique des modules de Koulikoro et Diré sur le Niger, Douna sur le Bani, montre que le Niger a connu, depuis le début du siècle, comme le fleuve Sénégal et beaucoup d'autres fleuves de la zone tropicale pure, une sécheresse en 1913, au début des années 40 et, enfin, plus durable à partir des années 70. Deux périodes d'abondantes précipitations donnent des débits excédentaires de 1925 à 1935, puis dans les années 50 et 60. Jusqu'à la période actuelle, certains observateurs évoquaient un aspect cyclique des phénomènes climatiques leur ajustant même une période d'environ trente ans, ce qui était, d'ailleurs, assez controversé. Mais, en dépit de certains sursauts d'une relative abondance en 1974, 1975, 1976 puis en 1979, l'hydraulicité des fleuves de la région n'a cessé de se dégrader. Après le *minimum minimorum* de 1984, le module le plus bas est celui de 1989 sur le Niger. Cette tendance persistante à la baisse doit être soulignée car elle montre une dégradation durable du système hydrologique dans ces régions soudano-sahéliennes, malgré un retour assez sensible à de meilleures conditions de précipitations.

À partir des modules du Sénégal, du Niger et du Chari, on a calculé pour chaque année l'hydraulicité moyenne soudano-sahélienne depuis le début du siècle.

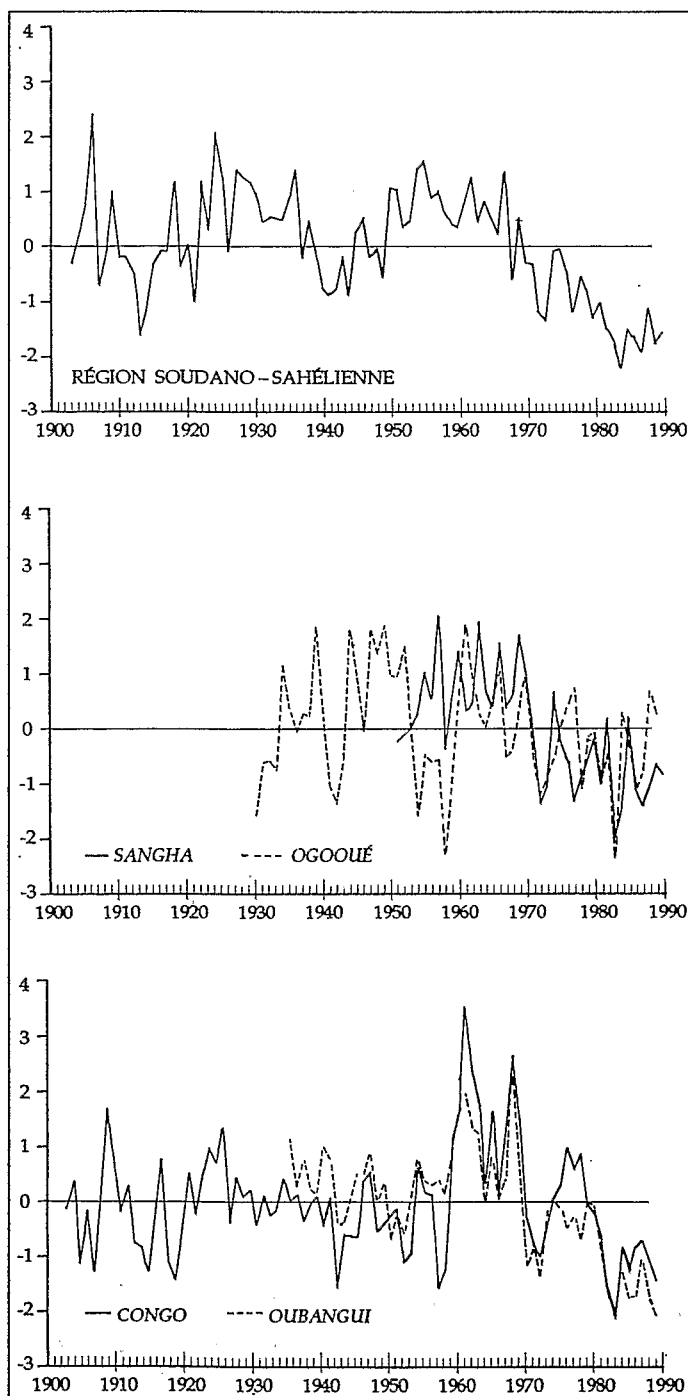


Figure 4
Variation de l'hydraulicité (écarts réduits) depuis l'origine des observations pour l'Afrique sèche et quatre grands bassins fluviaux d'Afrique centrale

L'écart réduit d'une variable x est la différence entre la valeur i et sa moyenne rapportée à l'écart type de cette variable

$$= \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_{xi}}$$

Cet indice a été reporté dans la figure 4. Les fluctuations récentes montrent que la ressource en eau de surface a diminué de moitié sur la dernière décennie.

Les fleuves côtiers de l'Afrique de l'Ouest humide sont en phase avec ceux de la zone tropicale sèche. En Afrique centrale, les débits du Congo sont connus depuis 1903 ; les observations commencent en 1930 sur l'Oubangui, 1935 sur l'Ogooué et 1948 sur la Sangha. L'évolution de l'hydraulicité de ces quatre fleuves a été reproduite dans la figure 4. La variable retenue est le rapport entre la variation d'hydraulicité et l'écart type des hydraulicités. Cela permet de mesurer de manière comparable l'impact du changement climatique sur des bassins dont la variabilité naturelle est différente (régime équatorial ou tropical).

L'analyse la plus intéressante concerne le fleuve Congo-Zaïre, de par sa durée et sa représentativité spatiale. Le module interannuel sur l'ensemble de la période d'observation est de $41\,000\text{ m}^3/\text{s}$ (86 ans), (Bricquet, 1990). Les modules extrêmes sont de $55\,200\text{ m}^3/\text{s}$ en 1962 et $33\,300\text{ m}^3/\text{s}$ en 1984. Le fleuve a été relativement régulier sur toute la période antérieure à 1960. La période abondante, entre 1960 et 1970, marquée par les crues exceptionnelles de 1961, 1962 et 1969, a permis à certains auteurs de proposer pour l'hydraulicité de l'Afrique une tendance globale à la hausse (Probst et Tardy, 1987). Celle-ci est largement démentie dans les faits par les décennies suivantes. La décennie 1971-1980 est proche de la normale avec cependant une période très déficitaire centrée sur 1972 et 1973. La décennie 1981-1990 connaît un appauvrissement général des écoulements notamment en 1984.

Ce schéma se retrouve sur l'Oubangui à Bangui où toute la séquence est déficitaire depuis 1970 avec une accentuation du phénomène dans les années 80. L'Oubangui est à son plus bas niveau connu en 1990 avec un module de $2\,190\text{ m}^3/\text{s}$ pour une valeur moyenne de $3\,970\text{ m}^3/\text{s}$.

Sur la Sangha, la période récente reste déficitaire notamment pour la décennie 1981-1990 où les modules atteignent les plus basses valeurs de la série d'observations.

L'Ogooué, à régime exclusivement équatorial, présente des modules généralement déficitaires sur les deux dernières décennies. Les fluctuations d'hydraulicité soulignent bien les années extrêmes (1961, 1972, 1983) et la tendance déficitaire actuelle ; elles restent cependant plus floues en termes d'évolution générale que sur les autres bassins d'Afrique centrale.

Les lames écoulées moyennes des quatre dernières décennies ont été indiquées dans le tableau 1 en regard des précipitations.

Alors que la baisse des précipitations semble stabilisée, voire moins importante, dans les dix dernières années, l'écoulement des fleuves continue de s'appauvrir dans des proportions importantes. Le régime hydrologique des fleuves d'Afrique intertropicale est directement influencé par celui des précipitations mais subit aussi, avec un effet retard, l'incidence du cumul de déficits pluviométriques répétés.

Le déficit des ressources en eau

Sur l'ensemble de l'Afrique intertropicale humide, tributaire de la façade atlantique du continent, l'écoulement annuel moyen sur quarante ans est de 2 350 milliards de m^3 dont 1 350 milliards pour le bassin du Congo-Zaïre.

Les deux décennies déficitaires 1971-1980 et 1981-1990 voient l'écoulement annuel de cet ensemble tomber respectivement à 2 190 et 1 985 milliards de m^3 , soit - 7 et - 16 % des apports moyens.

Tableau 2 : Volume des apports annuels des tributaires africains de l'océan Atlantique pour les deux dernières décennies et écarts à la moyenne 1951-1990

| Régions hydrologiques | Volumens annuels en km ³ | | | | |
|---|-------------------------------------|------------------------|-------------|---------|------|
| | Moyenne 40 ans | Décennies déficitaires | | Écart % | |
| | | 1971-1980 a | 1981-1990 b | a | b |
| Afrique humide Zaire et bas Congo | 1 350 | 1 325 | 1 200 | - 2 | - 11 |
| Nord équateur Congo-Gabon Cameroun | 335 | 300 | 295 | - 10 | - 12 |
| Adamaoua Côtes Nigéria | 265 | 240 | 220 | - 10 | - 17 |
| Guinée et côtes | | | | | |
| Golfe de Guinée | 400 | 325 | 270 | - 18 | - 32 |
| Total Afrique humide | 2 350 | 2 190 | 1 985 | - 7 | - 16 |
| Afrique sèche Sénégal, Gambie, Niger | 235 | 205 | 170 | - 13 | - 27 |
| Total du Sénégal au Congo | 2 585 | 2 395 | 2 155 | - 7 | - 17 |

Le tableau 2 regroupe, par grandes régions hydrologiques, les volumes écoulés chaque année pour les deux dernières décennies, avec indication des écarts par rapport aux moyennes établies sur 40 ans. Pour toutes les régions, l'appauvrissement des fleuves s'accroît considérablement au cours de la période 1981-1990. Durant cette période, le déficit des apports de l'Afrique centrale et du golfe de Guinée totalise 330 km³/an. Ce déficit comprend celui de l'Afrique équatoriale : 190 km³/an dont 150 pour le seul bassin du Zaïre. De la Guinée (Konkouré) au Nigéria, le déficit est de 130 km³/an (contre 75 km³/an pour la décennie précédente) ; en valeur relative, c'est donc 32 % des apports qui manquent à la région, entraînant de nombreuses défaillances dans le fonctionnement des aménagements hydroélectriques (en Côte d'Ivoire notamment).

Pour compléter cette présentation de l'écoulement des eaux continentales de l'Afrique vers l'Atlantique, on a indiqué les apports des fleuves de l'Afrique sèche (Sénégal, Gambie ; Niger et Bénoué). La moyenne de 235 km³/an (275 km³/an avec le système Chari, tributaire du lac Tchad), relativise considérablement l'importance (1/10) de l'Afrique sèche par rapport à l'Afrique humide. L'appauvrissement de la ressource en eau est pour la décennie 1971-1980 de 160 km³/an en Afrique humide, 30 km³/an en Afrique sèche (rapport de 5,3). Pour la décennie 1981-1990, les valeurs sont respectivement de 375 km³/an et 65 km³/an (rapport de 5,8).

Cet appauvrissement a plus que doublé d'une décennie à l'autre en dépit de précipitations moins déficitaires. Le Congo-Zaïre avec plus de 50 % des apports à l'Atlantique accuse à lui seul plus du 1/3 des pertes de la dernière décennie. Étant donné la très forte hydraulicité des périodes 1950-1960 et 1960-1970, on serait tenté de croire que le choix de cette période de 40 ans pour calculer les moyennes fausse les résultats. Si la moyenne annuelle calculée depuis le début du siècle n'a pas significativement changé pour la région Zaïre - bas Congo, celle des apports de l'ensemble des autres grandes régions peut être estimée à 40 km³ en dessous de la moyenne 1951-1990, ramenant le déficit moyen annuel pour la période 1981-1990 de 430 km³ à 390 km³. Ce déficit est plus faible mais la situation reste aussi grave.

Des changements hydrologiques significatifs

Sans rentrer dans le détail de fonctionnements hydrologiques souvent calqués sur le régime des précipitations, notamment en régime tropical, le suivi de certains paramètres peut permettre de préciser la physionomie des changements climatiques ou le déphasage actuel entre précipitations et écoulements de surface.

Une première approche, relative au régime des hautes eaux, a mis en évidence en régions équatoriales une évolution différente des crues de printemps et d'automne. Sur l'Ogooué (Mahé *et al.*, 1990) comme sur la Sangha, l'évolution de la crue de printemps montre à partir de 1980 une diminution importante de son poids par rapport à la crue d'automne, plus forte, qui baisse plus modérément.

Ainsi la différence entre maximums journaliers des crues de printemps et d'automne de l'Ogooué est de l'ordre de 1 000 m³/s jusqu'aux années 50 puis de 2 000 m³/s jusqu'au milieu des années 1970 et passe à 3 000 m³/s dans la dernière décennie pour un maximum d'automne ayant peu varié et d'environ 10 000 m³/s.

Cet amoindrissement de la crue de printemps est à rattacher à de mauvaises conditions pluviogènes du flux de mousson lors de la remontée septentrionale de la zone de convergence intertropicale ; on retrouvera plus au nord ce fonctionnement dégradé (en volume et en durée) lors de la crue annuelle des fleuves tropicaux et soudano-sahéliens. On confirme ici la dissymétrie saisonnière de la péjoration climatique au nord de l'équateur.

L'évolution des basses eaux intègre sans doute le mieux la persistance de la période déficitaire actuelle. Les étiages des fleuves soudano-sahéliens sont systématiquement les plus faibles des chroniques observées. L'écoulement a même cessé sur le Niger à Niamey et le Sénégal à Bakel en 1984. N'était le soutien artificiel des aménagements hydrauliques, ces cours d'eau ne seraient plus pérennes aujourd'hui. Depuis 1972, et de manière continue depuis 1978, les débits mensuels les plus faibles de l'Oubangui sont inférieurs à la moyenne et décroissent régulièrement. Le même phénomène est observé sur la Sangha à Ouesso depuis 1978 (Fig. 5) et bien évidemment sur les fleuves du golfe de Guinée où le déficit hydrique est encore plus marqué. Sur l'Ogooué, le régime des basses eaux reste assez peu touché (onze années déficitaires de 1971 à 1990). Sur les vingt plus

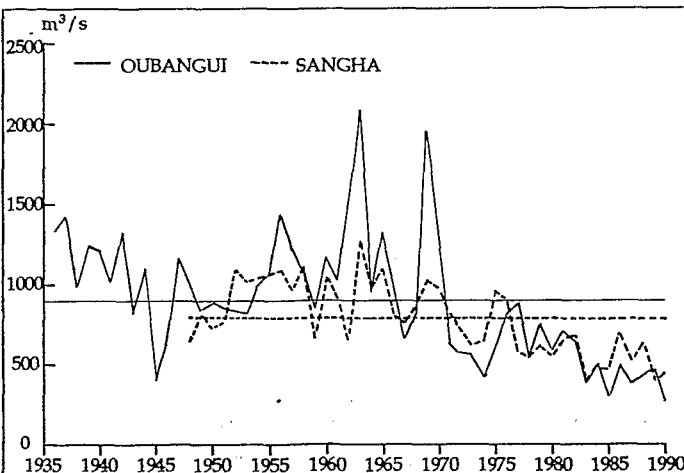


Figure 5
Variation des débits mensuels d'étiage depuis l'origine des observations sur deux cours d'eau d'Afrique centrale
Les valeurs moyennes respectives sont représentées par un trait horizontal

faibles débits mensuels d'étiage du Congo, dix ont été observés dans les vingt dernières années. Les six plus faibles valeurs de l'échantillon sont observées après 1983 ; le *minimum minimorum* étant celui de l'année 1990.

Cette faiblesse quasi générale des étiages traduit un amenuisement croissant des réserves souterraines des bassins fluviaux résultant du cumul des déficits pluviométriques.

La vidange des nappes de versant, caractéristiques de l'hydrogéologie de la plupart des bassins fluviaux étudiés, suit une loi de tarissement à décroissance exponentielle qu'il est d'autant plus facile d'étudier que la saison sèche est bien marquée. On a mis en évidence en zone soudano-sahélienne une rupture marquée du régime du tarissement consécutive à la sécheresse (Olivry, 1987 ; Olivry et al., 1992). Le tarissement s'est considérablement accéléré depuis les années 70, conduisant à une rapide vidange des nappes ; ainsi, le temps nécessaire pour que le débit de tarissement du Niger ou du Sénégal diminue dans le rapport de 10 à 1 est passé de 4 mois à 2 mois.

Le tarissement des fleuves soumis au régime tropical humide montre à un degré moindre le même phénomène. Son coefficient a augmenté de 30 % (moyenne mobile) de 1980 à 1985 pour l'Oubangui ; la valeur maximale est 60 % plus forte que la moyenne antérieure à la sécheresse. Sur la Sangha, la valeur maximale (1987) est 40 % plus forte que la moyenne antérieure à 1972. Comme pour l'Afrique sèche, le phénomène s'accélère à partir de 1980 sur la Sangha et l'Oubangui. La figure 6 permet de comparer sur valeurs lissées (moyennes mobiles sur 5 ans) l'évolution du coefficient de tarissement.

Pour les fleuves équatoriaux, les débits de tarissement sont difficilement appréhendés, soit que la saison de basses eaux est réduite ou perturbée par des précipitations, soit que l'on observe des débits composites d'origines diverses. Il est probable que les aquifères de ces régions sont également touchés, comme cela est d'ailleurs observé en pays Batéké (Congo).

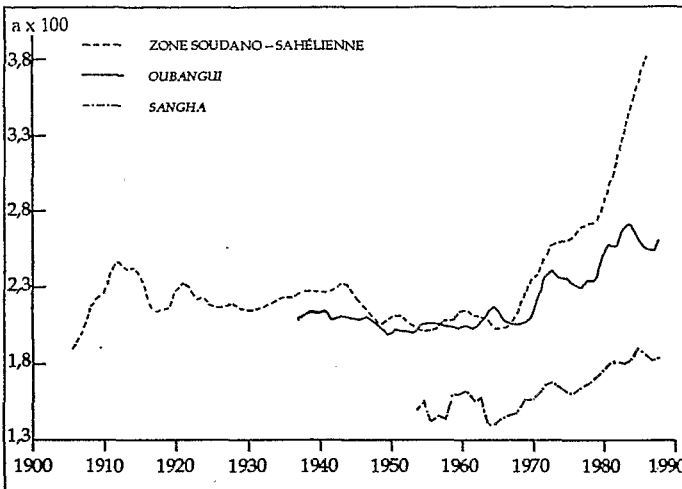


Figure 6
Évolution du coefficient de tarissement en Afrique soudano-sahélienne et sur deux cours d'eau d'Afrique centrale

Le débit de tarissement est donné à l'instant t par l'expression :

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t-t_0)}$$
 Le coefficient a est l'inverse d'un temps exprimé en jours.

Un appauvrissement durable ?

On a montré que l'appauvrissement des ressources en eau de l'Afrique humide, très important en valeur absolue, plus modeste en valeur relative par rapport à celui de l'Afrique soudano-sahélienne, résultait à la fois du changement

climatique que connaît le continent africain et de l'effet cumulé des déficits pluviométriques. Alors qu'en Afrique sèche la déforestation et le surpâturage ont aussi contribué à la désertification des terroirs (bien que désertification ne signifie pas obligatoirement réduction de volume des fortes crues, c'est souvent le contraire), les régions humides ne connaissent pas d'anthropisation significative susceptible de conjuguer ses effets avec les fluctuations climatiques. La persistance de déficits hydriques aigus, au-delà des crises majeures des précipitations, indique que les fluctuations hydrologiques ne peuvent être traitées au seul pas de temps annuel. L'implication des aquifères des bassins – leur épuisement, la réduction de leur extension – conduit à une péjoration durable de l'abondance des régimes hydrologiques de la région. Même si l'importance du phénomène en Afrique humide doit être nuancée par rapport aux observations faites sur les « fleuves malades de l'Afrique sèche » (Olivry et al., *op. cit.*), un éventuel retour à des conditions de précipitations excédentaires devra être soutenu sur plusieurs années pour permettre la reconstitution des aquifères et un retour à des conditions hydrologiques normales. Dans l'attente d'un changement climatique favorable, l'appauvrissement des ressources en eau de l'Afrique a toutes chances de rester une constante de l'hydrologie régionale des prochaines années.

Bibliographie

- BRICQUET J.-P., 1990 : « Régime et bilan hydrologique de l'Afrique centrale », In *Paysages quaternaire de l'Afrique centrale atlantique*, R. Lanfranchi et D. Schwartz, Publ. ORSTOM, Collection Didactiques, Paris pp. 42-51.
- CARBONNEL J.-P. et HUBERT P., 1985 : « Sur la sécheresse au Sahel d'Afrique de l'Ouest. Une rupture climatique dans les séries pluviométriques du Burkina Faso (ex. Haute-Volta) », *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. 301, série II, n° 13, pp. 941-944.
- CITEAU J., MAHÉ G. et GORYL P., 1991 : « Some Elements for Understanding and Forecast the West African Monsoon using Meteosat and ECMWF data », *Annales Geophysicae*, suppl. Vol 9, c : 177.
- LAMB P., 1985 : « Rainfall in Subsaharian West Africa during 1941-1983 », *Zeit. Gletscherk Glazialgeologie*, 21, pp. 131-139.
- MAHÉ G., LERIQUE J. et OLIVRY J.-C., 1990 : « L'Ogooué au Gabon. Reconstitution des débits manquants et mise en évidence de variations climatiques à l'Équateur », *Hydrologie Continentale*, 5,2, Ed. ORSTOM Paris, pp. 105-124.
- MAHÉ G. et OLIVRY J.-C., 1991 : « Changements climatiques et variations des écoulements en Afrique occidentale et centrale du mensuel à l'interannuel », in *Hydrology for the Water Management of Large River Basins*, (ed. by FHM VAN DE VEN, D. Gutnecht, D.P. Loveks et K.A. Salewitz), (Congrès AISH Vienne, Autriche Août 1991), IAHS Publ., n° 201, pp. 163-172.
- MAHÉ G., 1992 : *Les écoulements fluviaux sur la façade atlantique de l'Afrique. Étude des éléments du bilan hydrique et variabilité interannuelle. Analyse de situations hydroclimatiques moyennes et extrêmes*, Thèse Doctorat Univ. Paris-Sud Orsay.
- NICHOLSON S.E., KIM J. et HOOPINGARNER J., 1988 : *Atlas of African Rainfall and its Interannual Variability*, Department of Meteorology, Florida State University Tallahassee, Florida USA.
- OLIVRY J.-C., 1987 : « Les conséquences durables de la sécheresse actuelle sur l'écoulement du fleuve Sénégal et l'hypersalinisation de la basse Casamance », (Proc. Vancouver Symp. Août 1987), IAHS Publ., n° 168, pp. 501-512.
- OLIVRY J.-C., SIRCOULON J. et TOURÉ M., 1992 : « The Ill Rivers of Africa », (paper submitted to *Nature*).
- PROBST J.-L. et TARDY Y., 1987 : « Long Range Streamflow and World Continental Runoff Fluctuations since the Beginning of this Century », *Journal of Hydrology*, 94, pp. 289-311.
- SIRCOULON J. et OLIVRY J.-C., 1986 : « Caractéristiques de la sécheresse actuelle en Afrique de l'Ouest et centrale. Considérations sur les stations pluviométriques de longue durée et les débits des rivières », In *Colloque international sur la révision des normes hydrologiques suite aux incidences de la sécheresse, Ouagadougou 20-24 mai 1986*. Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH), Série Hydrologie.